

5

10 System und Verfahren zum Testen von Steuervorgängen bei einem Fahrzeug

## Stand der Technik

15 Die Erfindung geht aus von einem System zum Testen von Steuervorgängen bei einem Fahrzeug gemäß den aus dem Stand der Technik nicht bekannten Merkmalen der unabhängigen Ansprüche.

20 Autofahren wird komfortabler, sicherer und umweltfreundlicher, insbesondere dank eingebetteter Systeme, sogenannten Embedded-Control-Anordnungen. Dadurch wird das Fahrzeug aber auch immer komplexer, und die für die Funktionssicherheit erforderlichen Tests werden immer umfangreicher, was gleichzeitig die Entwicklungszyklen verlängert. Der Wettbewerb aber fordert von den Automobilherstellern komplexe, einwandfrei funktionierende Systeme in kürzester Zeit auf den Markt zu bringen.

25 Insbesondere dem Test von elektronischen Komponenten, insbesondere von Steuergeräten mit deren Software, wächst dabei eine immer größer werdende Bedeutung zu. Voraussetzung für eine höhere Testtiefe bei gleichzeitiger Verkürzung der Entwicklungszyklen ist die weitgehende Verlagerung von Tests von der Straße ins Labor sowie die Standardisierung und Automatisierung dieser Tests. Um diese Anforderung  
30 erfüllen zu können bedarf es moderner Entwicklungs- und Testmethoden sowie einer optimalen Tool-Unterstützung, wie beispielsweise dem LabCar der ETAS GmbH, einem Hardware-in-the-loop-Testsystem entsprechend dem Whitepaper "LabCar" von 1999 release 10/1999 der ETAS GmbH & Co. KG, Stuttgart.

**BEST AVAILABLE COPY**

Die nachfolgend beschriebene Erfindung soll diese Situation bei Testsystemen bezüglich Steuervorgängen bei einem Fahrzeug, insbesondere bei Hardware-in-the-loop-Testsystemen wie LabCar verbessern und optimieren.

## 5. Vorteile der Erfindung

Dazu geht das System und das Verfahren zum Testen von Steuervorgängen bei einem Fahrzeug sowie ein entsprechendes Computerprogramm und Computerprogrammprodukt von einem auf die zu testenden Steuervorgänge reagierenden Simulationsmodell aus, wobei vorteilhafter Weise im Simulationsmodell eine Experimentsoftware übergeordnet ist und zwischen der Experimentsoftware und einer die Steuervorgänge auslösenden Komponente ein Signalverlauf gebildet wird, wobei der Signalverlauf durch wenigstens zwei Eingriffspunkte in wenigstens zwei Signale unterteilt wird und wenigstens eine Kennung vorgesehen ist, welche die Zuordnung der Signale zu dem Signalverlauf ermöglicht.

Damit ergeben sich vorteilhafter Weise innerhalb eines Testsystems das zur Validierung von Entwicklungen im Bereich der Automobilelektronik benutzt wird, die Möglichkeit, den Signalfluss oder Signalverlauf durch das Testsystem und über das zur Validierung anstehende Objekt zu visualisieren, die während eines Tests erfassten Werte dieser Signale anzuzeigen und bestimmte Eingriffsmöglichkeiten in den Signalverlauf zu ermöglichen.

Somit werden zum Einen zweckmäßiger Weise die Eingriffspunkte selbst mit Kennungen versehen oder die durch die Eingriffspunkte entstehenden Signale.

Vorteilhafter Weise werden die entstehenden Signale unterschiedlichen Signalgruppen zugeordnet und zweckmäßiger Weise diese unterschiedlichen Signalgruppen bzw. die diesen zugeordneten Signale optisch dargestellt bzw. visualisiert.

Damit wird also nicht nur der Signalverlauf bzw. der Signalfluss durch das Testsystem darstellbar, sondern auch die während eines Tests erfassten Werte dieser Signale bzw. die Signale oder deren Werte entsprechend der Eingriffspunkte.

Zweckmäßiger Weise werden dabei die Kennungen im System veränderbar ausgelegt, so dass die Signale insbesondere während des Tests verschiedenen Signalverläufen zugeordnet werden können und damit optimierte Testszenarien darstellbar sind.

5        Dabei ist es insbesondere vorteilhafter Weise möglich, an wenigstens einem Eingriffspunkt ein ein solches Signal ersetzendes Signal in den Signalverlauf einzugeben, also beispielsweise ein Signal ausgegeben von einem Signalgenerator oder ein konstanter Wert, der das ursprüngliche Signal ersetzt, im Rahmen eines gewünschten Testszenarios.

10       Die vorliegende Erfindung zielt somit darauf ab, die mit der die Steuervorgänge auslösendenden Komponente verbundenen Signalverläufe innerhalb des Testsystems zu visualisieren, die Werte der entsprechenden Signale anzuzeigen und dem Benutzer zusätzliche Funktionalität zur Verfügung zu stellen, damit er in effizienter Weise das Testsystem aufbauen und bedienen kann.

15       Zeichnung

Die Erfindung wird im Weiteren anhand der in der Zeichnung dargestellten Figuren näher erläutert. Dabei zeigt

20       Figur 1 schematisch eine Steuerung bzw. Regelung innerhalb des Fahrer-Fahrzeug-Umweltverbundes.

      Figur 2 zeigt ein erfindungsgemäßes Entwicklungsschema des Testsystems.

25       Figur 3 zeigt schematisch einen Signalverlauf bzw. Signalfluss in einem Testsystem mit entsprechenden Eingriffspunkten.

      Figur 4 zeigt eine erfindungsgemäße Signal- bzw. Signalwertdarstellungstabelle.

30       In Figur 5 ist eine erfindungsgemäße mögliche Realisierung der Kennungen durch Verwendung eines Kennungsgraphen dargestellt.

Beschreibung der Ausführungsbeispiele

Elektronische Komponenten und Software kommen bei der Entwicklung neuer Fahrzeuggenerationen eine immer größere Bedeutung zu. Sie werden dazu benutzt, um Kosten zu reduzieren und sich gleichzeitig einen Wettbewerbsvorteil beim Endkunden zu verschaffen.

Die Erfindung zielt auf die Entwicklung und die Validierung von Steuervorgängen bei einem Fahrzeug auslösenden Komponenten insbesondere elektronischen Steuerungen bzw. Regelungen oder Reglern im Automobilbereich ab. Die Validierung dieser Steuerungen ist ein mitunter recht aufwändiger Prozess, der ohne den Einsatz von speziellen Werkzeugen nicht durchgeführt werden kann. Diese Werkzeuge oder Testsysteme sollen eine Simulation des Fahrzeugs im Labor über verschiedene Schritte im Entwicklungsprozess ermöglichen und somit die elektronische Steuerung oder den Regler glauben lassen, er sei im echten Fahrzeug verbaut.

Ein solcher Regler besitzt typischerweise sehr viele Schnittstellen, d. h. Ein- und Ausgänge, die mit anderen Komponenten im Fahrzeug gekoppelt sind und damit wechselwirken. Bei einem Testsystem, das das Verhalten des realen Fahrzeugs nachbilden soll, stellen diese Schnittstellen für den Anwender ein sehr komplexes Gebilde dar, indem man sich nur schwer zurechtfinden kann. Vor diesem Hintergrund ist die Erfindung und ihre verschiedenen Ausprägungen zu sehen. Die vorliegende Erfindung zielt somit darauf ab, dass ein Anwender zum Einen eine Übersicht über die Komplexität des Systems behalten kann und die Effizienz beim täglichen Einsatz des Systems beträchtlich gesteigert wird. Damit können auch Software- und Softwareprodukte, die bei einem Testsystem zur Steuerung eines Experiments verwendet werden, verbessert werden.

Bei der Entwicklung von Steuervorgängen auslösenden Komponenten, also insbesondere von elektronischen Steuerungen und Regelungen im Automobilbereich kann man den Signalfluss anhand der Grafik in Figur 1 veranschaulichen. Einzelne Elemente werden dabei als Blöcke, und die zwischen ihnen bestehenden Signalflüsse als Pfeile dargestellt. Dabei ist mit 107 das Fahrzeug selbst symbolisiert. Block 100 stellt den Fahrer und Block 101 die Umwelt dar. Wie in Figur 1 ersichtlich, können zwischen den Komponenten Fahrzeug, Fahrer und Umwelt zahlreiche Signalflüsse bestehen. Der Fahrer steht in dieser

Darstellung stellvertretend auch für alle anderen Benutzer einer Fahrzeugfunktion wie etwa weitere Passagiere. Zur Umwelt zählen auch andere Fahrzeuge oder elektronische Systeme in der Umgebung des Fahrzeugs, etwa Werkzeuge wie z. B. Diagnosetester, die in der Servicewerkstatt mit den elektronischen Systemen des Fahrzeugs verbunden werden. Diese logische Systemarchitektur für Steuerungs-, Regelungs- und Überwachungssysteme gemäß Figur 1 symbolisiert folgenden Ablauf. Der Fahrer bedient Hebel oder Schalter im Fahrzeug, z. B. einen Blinker oder das Gaspedal. Dieser Fahrerwunsch wird über die sogenannten Sollwertgeber 102 an die Steuerungseinheit 103, also einer die Steuervorgänge auslösende Komponente weitergeleitet. Die Steuerung 103 verarbeitet diese Information und steuert Aktuatoren 104 an. Will beispielsweise der Fahrer beschleunigen, wird die Steuerung so Einspritzventile und Drosselklappe steuern, dass mehr Kraftstoff in den Verbrennungsraum gebracht wird. Die sogenannte Strecke oder Regelstrecke 105 ist dann ein Teil des Fahrzeugs, der die Aktion des Aktuators verarbeitet, also etwa der Zylinder, der den Kraftstoff verbrennt und das erzeugte Moment an das Fahrzeug weitergibt. Schließlich werden Sensoren 106 benötigt, die das Verhalten des Fahrzeugs oder einzelner Komponenten detektieren. Wenn beispielsweise die vom Fahrer gewünschte Geschwindigkeit erreicht ist, wird dies von einem Sensor erfasst. Der Sensor leitet die von ihm erfasste Information an die Steuerung weiter, damit diese darauf reagieren kann. Der Fahrer nimmt nun das Verhalten seines Fahrzeugs wahr und wird darauf entsprechend wieder Einfluss nehmen. Natürlich hat dabei auch die Umwelt 101 etwa durch Außentemperatur oder Straßenbelag, Wettereinflüsse wie Regen, Schnee oder Wind usw. Einfluss auf das Fahrzeug und den Fahrer. Die Pfeile in Figur 1 geben somit den Signalfluss in der eben beispielhaft beschriebenen Weise wieder.

Die Aufgaben eines Testsystems sind nun die folgenden:

Ein System zum Testen von Steuervorgängen bei einem Fahrzeug muss in der Lage sein, alle Einheiten außer der Steuerung selbst, die in Figur 1 dargestellt sind, zu simulieren. Dies kann entweder durch Software erfolgen oder erfordert in manchen Anwendungen auch den Einsatz von spezieller Elektronik, Hardware, die die Steuerungseinheit z. B. mit genau den elektrischen Signalen versorgt, wie sie im realen Fahrzeug auch auftreten würden. Vom Einsatz dieser Hardware hängt dann auch der Umfang des zugrunde gelegten Simulationsmodells ab, welches die Einheiten bzw. die Komponenten der Figur 1 simuliert. Erfindungsgemäß wird nun das Testsystem mit einer Software ausgerüstet; es wird also dem Simulationsmodell eine sogenannte Experimentsoftware übergeordnet, die

dem Benutzer folgendes ermöglicht: Zum Einen, das System zu konfigurieren, d. h. grundlegende Einstellungen des Simulationsmodells und der eventuell verwendeten Hardware vorzunehmen, des Weiteren die Steuerung in Betrieb zu nehmen, da moderne Steuerungen oft mit umfangreichen Diagnosefunktionen ausgerüstet sind. Diese Funktionen sollen zum Einen feststellen, ob die Steuerung mit nicht plausiblen Signalen versorgt wird. Treten solche Fälle auf, geht die Steuerung in einen Notlaufzustand über, der einen Test mit dem Testsystem nicht mehr unbedingt sinnvoll macht. Dies bedeutet, dass die Experiment-Software den Benutzer unterstützen muss, eine Simulation durchzuführen, bei der die Steuerung nicht direkt in einen solchen Notlaufzustand übergeht, außerdem einen interaktiven Test durchzuführen, was bedeutet, dass die Experimentsoftware Funktionalität zur Verfügung stellen muss, die es dem Anwender ermöglicht, durch einen Bedien-PC mit dem Testsystem in Wechselwirkung zustehen. Und schließlich Daten, die während eines Tests anfallen, aufzuzeichnen und zu verwalten. Die Position dieser Experimentsoftware sowie die Wechselwirkung, also der entstehende Signalfluss bzw. die Signalverläufe werden später in Figur 3 noch einmal genauer dargestellt.

Abgeleitet aus Figur 1 hat ein Benutzer nun typischerweise die in Figur 2 dargestellte Sicht auf das Testsystem. Darin sind mit Block 200 eine Steuerung, mit Block 201 die Signalerfassung, mit Block 202 statische Aktuatormodelle und im Block 203 dynamische Aktuatormodelle dargestellt. Block 204 zeigt ein Modell von Strecke, Fahrer und Umwelt, welchem mit Block 205 dynamische Sensormodelle, mit Block 206 statische Sensormodelle und mit Block 207 die Signalerzeugung nachgeordnet sind. Die Steuerung 200 hat typischerweise beliebig viele Ein- und Ausgänge. Die in Figur 2 dargestellte Grafik wird ausgehend von der Steuerung 200 im Uhrzeigersinn verfolgt. Die Ausgangssignale der Steuerung werden von einer optionalen Signalerfassung detektiert. Liegt die Steuerung als physikalisches Objekt vor, handelt es sich bei der Signalerfassung 201 beispielsweise um eine Hardwarekomponente. Danach gibt es eine weitere optionale Einheit, die die elektrischen Signale in physikalische Einheiten umwandelt, also z. B. eine Spannung in eine Temperatur. Im Anschluss wird in Block 203 das dynamische Verhalten des Aktuators im Testsystem nachgebildet. Daran schließt sich eine Simulation von Fahrer, Umwelt und dem Rest des Fahrzeugs an, bevor der Signalverlauf über entsprechende Einheiten zur Signalerzeugung, also ein dynamisches Sensormodell 205,

ein statisches Sensormodell 206 sowie eine Signalerzeugung 207 zur Steuerung 200 zurückgeführt wird..

Die in Figur 2 dargestellten Blöcke oder Einheiten sind typischerweise in verschiedenen Werkzeugen implementiert. Die Steuerung selbst kann entweder als physikalisches Subjekt oder als Modell in einem Simulationswerkzeug vorliegen. Ebenso können die Blöcke Signalerfassung 201 und Signalerzeugung 207 als elektronische Komponenten, also in Hardware vorliegen oder in einem Simulationswerkzeug implementiert sein. Die übrigen Blöcke in Abbildung 2 liegen typischerweise in einem Simulationswerkzeug vor. Das Simulationsmodell umfasst somit wenigstens das Modell von Strecke, Fahrer und Umwelt sowie die dynamischen Aktuatormodelle und die dynamischen Sensormodelle, also die Blöcke 203 bis 205 in Figur 2.

Die Problematik liegt nun zum Einen darin, dass der in Figur 2 dargestellte Signalverlauf nicht eindeutig ist. Es besteht vielmehr die Möglichkeit, dass ein Ausgangssignal der Steuerung auf mehrere Signalerfassungs Kanäle verschaltet wird, die dann wieder mit mehreren statischen Aktuatormodellen verbunden werden usw. Des Weiteren liegt die Problematik, der der Anwender des Testsystems ausgesetzt ist, darin, dass die eben angesprochenen Simulationswerkzeuge unterschiedlich sein können. Dies bedeutet, dass z. B. die dynamischen Aktuatormodelle 203 in einem Werkzeug A implementiert sind, während die statischen Aktuatormodelle in einem Werkzeug B vorliegen.

Damit der Anwender des Testsystems effizient arbeiten kann, liegt nun über der in Figur 2 dargestellten Struktur typischerweise eine weitere Softwareschicht, im Folgenden als Experimentsoftware bezeichnet, die es ermöglicht, ein Experiment zum Test der Steuerung durchzuführen. Dies bedeutet, dass dem Anwender hier Möglichkeiten zur Verfügung gestellt werden, auf Objekte, also Parameter oder Messgrößen, die die Objekte in Figur 2 anbieten, zuzugreifen.

Der Kern der dargestellten Erfindung beruht nun darauf, dass ein Verfahren implementiert wird, das die Schnittstellen der in Figur 2 dargestellten Blöcke und die Verbindung dieser Blöcke untereinander, die im Allgemeinen eben nicht uneindeutiger Natur ist, automatisch erkennt und in die eben definierte Schicht der Experimentsoftware einliest. Dabei werden diese Schnittstellen im Weiteren auch Eingriffspunkte mit

sogenannten Identifiern, d. h. Kennungen versehen, die dann in der Experimentsoftware verwendet werden. Ebenso ist es möglich, nicht die Eingriffspunkte mit Kennungen zu versehen, sondern die durch die Eingriffspunkte entstehenden Signale, wie in Figur 3 dargestellt, mit Kennungen zu versehen, welche eine durchgängige Betrachtung erlauben und diese dann in der Experimentsoftware zu verwenden.

Damit kann diese Information dann einem Benutzer entsprechend Figur 4 dargestellt, insbesondere visualisiert, werden mit weiteren Möglichkeiten zur Gestaltung, um folgende Möglichkeiten zu erzielen:

Anhand des in Figur 2 dargestellten Schemas wird es nun ermöglicht, ausgehend von einem beliebigen Ein- oder Ausgangssignal eines der dargestellten Blöcke, sich den kompletten Signalverlauf anzeigen zu lassen. D. h., der Anwender wird nach Aufruf einer Funktion eine Ansicht auf den gesamten Signalverlauf inklusive aller Mehrdeutigkeiten und Verzweigungspunkte erhalten. Als Anhaltspunkte hierfür dienen die vom Benutzer vergebenen Namen der Signale an den Ein- und Ausgängen der in Figur 2 dargestellten Blöcke, wie nachfolgend anhand der Figuren 3 bis 5 näher erläutert. Des Weiteren wird die Möglichkeit zur Verfügung gestellt, anhand der im vorigen Punkt dargestellten Ansicht während eines Experiments mit dem Testsystem alle Werte der Signale anzuzeigen, also zu visualisieren und optisch darzustellen. Darüber hinaus ist die Möglichkeit gegeben, mittels vordefinierter Signalverläufe in den anhand der im ersten Punkt der Möglichkeiten dargestellten Ansicht in den Signalverlauf einzugreifen und damit eine benutzerdefinierte Stimulation des entsprechenden Signals vorzunehmen, beispielsweise über einen Signalgenerator oder einen konstanten Wert. Und schließlich können die in Figur 2 außer der Steuerung selbst dargestellten Blöcke parametrisiert werden oder durch entsprechende Blöcke, die das gleiche Ein- und Ausgangsverhalten besitzen, getauscht werden. Dies schließt insbesondere den Fall ein, in dem das Modell einer Komponente durch eine reale Komponente ersetzt wird, z. B. das Modell einer Drosselklappe durch eine reale Drosselklappe. Damit ist das dargestellte Verfahren und das erfindungsgemäße System unabhängig davon, in welchem Entwicklungsstadium sich die Steuerung in Figur 2 befindet, d. h. die Steuerung 200 kann sowohl vollständig in Software vorliegen, in einem physikalischen Steuergerät verbaut sein, oder auch Mischformen dieser beiden Möglichkeiten sind denkbar.



Figur 3 zeigt nun den Signalfluss bzw. die Signalverläufe und Zugriff auf Signale in einem Testsystem, insbesondere dem in der Einleitung angesprochenen LapCar-System. Dabei ist die Simulationssoftware 308 zum Einen aus dem Simulationsmodell 307 und zum Anderen aus der Experimentsoftware 306 aufgebaut. Die zu testende die

5      Steuervorgänge auslösende Komponente 300, also beispielsweise das Steuergerät oder der Regler (hardware- oder softwareimplementiert) steht dabei mit einem Block 301 der Hardware und einem Block 302 der Echtzeitein-/ausgabe (real time-i/o) in Verbindung. Entsprechend jeder Signalrichtung ist optional zwischen Block 302 und der

10      Experimentsoftware 306 je nach Signalrichtung Blöcke 303 und 304 eine Open-Loop-Configuration OLC. Diese sogenannte Open-Loop-Configuration, dargestellt durch die Blöcke 303 und 304, kann in den Signalpfad zwischen Modell und Hardware eingegriffen werden, und es können beispielsweise Signale von einem Signalgenerator 305 oder auch Konstantwerte eingespeist werden. Diese Open-Loop-Configuration OLC ist die

15      Zwischenschicht zwischen der Modellspezifikation und den Treibern für die Ein-/Ausgabehardware. Die Open-Loop-Configuration hat mehrere Aufgaben. Die Hauptaufgabe ist die Wandlung physikalischer Werte in elektrische (für Signale vom Fahrzeugmodell zum Steuergerät) und die umgekehrte Wandlung von elektrischen Werten in physikalische Werte (für Signale, die vom Steuergerät an das Fahrzeug

20      gesendet werden). Dies entspricht im Wesentlichen den Aufgaben, die Sensoren (physikalisch in elektrisch) und Aktuatoren (elektrisch in physikalisch) im Fahrzeug wahrnehmen. Sensoren und Aktuatoren sind in der Open-Loop-Configuration, also den Blöcken 303 und 304, modelliert.

Sensorbeispiel:

Der physikalische Wert Bremsdruck = 4,3 Bar könnte von einem Sensormodell der OLC in

25      den elektrischen Wert, also Spannung an einem Drucksensor  $U_{\text{Brems}} = 1,32 \text{ V}$  umgerechnet werden.

Aktuatorbeispiel:

Der elektrische Wert Tastverhältnis bei der Puls-Weiten-Modulation eines ABS-Ventils,

30      z. B. 0,789 könnte von einem Aktuatormodell der OLC in den physikalischen Wert Durchfluss = 0,24 Liter pro Minute umgerechnet werden. Die Hauptfunktion, Sensoren und Aktuatoren zu modellieren, ist gleichzeitig die Minimalforderung an eine OLC. Da in der OLC von jedem Signal, das zum Steuergerät gesendet oder von diesem empfangen wird, sowohl die elektrische wie auch der physikalische Wert vorliegen, eignet es sich

ideal als zentrale Stelle, um Benutzereingriffe an den Signalen vorzunehmen. Hierzu wird sowohl bei Sensoren als auch bei Aktuatoren die Möglichkeit bereitgestellt, den physikalischen wie auch den elektrischen Wert jeweils in drei Varianten zu beeinflussen; Zum Einen direkt, also den Wert 1:1 durchzureichen, zum Anderen konstant den Wert

5. manuell auf eine konstante Größe zu setzen, oder stimuliert, d. h. den Wert aus einem Signalgenerator zu beziehen, wodurch Signalverläufe manuell vorgegeben werden können. Damit ist die Möglichkeit gegeben, das physikalische Fahrzeugmodell teilweise oder komplett von der Real-Time-I/O, also der Echtzeitein-/ausgabe 302 abzukoppeln, indem gewünschte Signale vorgebar sind. Dadurch werden Regelkreise geöffnet und das

10 Steuergerät ganz oder teilweise nicht mehr im Closed-Loop betrieben, deshalb die Bezeichnung Open-Loop-Configuration. Diese Open-Loop-Configuration ist in den Signaleigenschaften definiert. Eine Änderung der OLC kann für ein laufendes Experiment sofort gültig gemacht werden. Bezüglich des Signalverlaufes bzw. des Signalflusses in einem solchen Testsystem gibt es erfindungsgemäß drei Stellen, an denen

15. au die Signale und deren Eigenschaften zugegriffen werden kann, um sie zu ermitteln, zu visualisieren oder sogar zu verändern. Zum Einen am Eingriffspunkt 312, also den Ein- und Ausgängen der Modellsoftware 308, insbesondere der Experimentsoftware 306. An dieser Stelle werden die Signale dann Modellsignale MS genannt.

20 Ein weiterer Eingriffspunkt sind die Ein- und Ausgänge der Open-Loop-Configuration bzw. der Real-Time-I/O an den Eingriffspunkten 311 und 310. An dieser Stelle werden die Signale dann Hardwaresignale HWS genannt.

Die dritte Eingriffsmöglichkeit in diesem Ausführungsbeispiel, also der dritte

25 Eingriffspunkt sind die Ein- und Ausgänge der die Steuervorgänge auslösende Komponente, also insbesondere des Steuergeräts 300. Dieser Eingriffspunkt ist mit 309 bezeichnet, und an dieser Stelle werden die Signale Steuergerätesignale SGS genannt. Im Prinzip handelt es sich bei Modellsignalen, Hardwaresignalen und Steuergerätesignalen um ein und den selben Signalverlauf. Mit den entsprechenden Bezeichnungen wird

30 lediglich der Eingriffspunkt im gesamten Signalpfad oder Signalverlauf spezifiziert. Somit sind in Figur 3 die Signalpfade oder Signalverläufe vom und zum Steuergerät, die Zugriffsstellen bzw. Eingriffspunkte auf diese und die Punkte, an denen Signale aus dem Signalgenerator oder anderweitig eingespeist werden können, dargestellt.

Somit können hierüber, insbesondere durch die Eingriffspunkte, Signalflüsse bzw. Signalverläufe spezifiziert und verfolgt werden, also vom Simulationsmodell über die Echtzeitein-/ausgabe 302 bis zu den Steuergeräteanschlüssen und umgekehrt. Außerdem können hier Signaleigenschaften ermittelt und editiert werden. Dazu werden  
5 erfindungsgemäß entweder den Eingriffspunkten selbst oder den dadurch entstehenden Signalen Kennungen zugeordnet.

Durch diese Kennungszuordnung kann ein Signalverlauf über die Eingriffspunkte 309, 310, 311 und 312 hinweg verfolgt werden und trotzdem einzelne Signale entsprechend  
10 der Eingriffspunkte behandelt werden. Dazu werden diese Signale in entsprechende Signalgruppen entsprechend des Eingriffspunktes eingeteilt, wie dies in Figur 4 in der Tabelle dargestellt ist. Bei Eingriffspunkt 309 erhält man also Steuergerätesignale SGS, die beispielsweise den Steuergerätepins, ECU-Pins (Electronic Control Unit) entsprechen hier in Figur 4 ECU1 bis ECU3. Für unterschiedliche Signalverläufe sind dann  
15 beispielsweise mehrere Hardwaresignale vorgesehen, eben bei der Real-Time-I/O 302 oder hinter dem Open-Loop-Configuration, hier dargestellt als Hardwaresignale HWS, RTI/O1 bis RTI/O4. Ebenso werden an Eingriffspunkt 312 die Modellsignale MS, in diesem Beispiel hier mit M1 bis M5 verwendet. Dabei ist die Anzahl der einzelnen Signale in den Signalgruppen willkürlich gewählt und hängt im Wesentlichen  
20 entsprechend des jeweiligen Tests von den Signalverläufen ab.

In Figur 4 können nun diese Signale, wie in dieser Tabelle dargestellt, visualisiert oder optisch dargestellt werden, wobei des Weiteren eine Zuordnung zum jeweiligen Signalverlauf der Einzelsignale erfolgen soll. Dies wird durch Kennungen erreicht, die  
25 entweder den Eingriffspunkten zugeordnet werden oder den einzelnen Signalen.

Eine erste Möglichkeit solcher Kennungen ist beispielsweise, ECU1 mit einer Kennung K1 zu versehen, RTI/O2 beispielsweise mit einer Kennung K1, K2 und z. B. M1 mit einer Kennung K1, K2, K3. So kann durch Kennung K1 und Kennung K2 der Signalpfad  
30 von ECU1 über RTI/O2 zu M1 eindeutig nachvollzogen werden, und es sind die genannten Vorteile der Visualisierung der Wertanzeige und der Eingriffsmöglichkeiten gegeben.

Eine weitere Möglichkeit der Kennungszuordnung ist ein sogenannter Verknüpfungsgraf 500 entsprechend Figur 5. Darin sind wieder beispielhaft die Signale gemäß der Tabelle aus Figur 4, ECU1 bis ECU3, RTI/O1 bis RTI/O4 und M1 bis M5 dargestellt. Zur einfacheren Darstellung sind nun die Richtungspfeile in beide Richtungen in diesem Graf gewählt. Es kann aber auch hier die Signalrichtung separat dargestellt sein. Entsprechend der Wege im Verknüpfungsgrafen können nun die entsprechenden Kennungen entweder den Signalen oder den Eingriffspunkten, hier 502 und 503 zugeordnet sein. Ein einfacher Pfad ist beispielsweise ECU1, RTI/O1 und M1, welchem durchgängig eine Kennung 1 zugeordnet wird, oder aber, es wird in entsprechenden Schnittstellen zwischen ECU1 und RTI/O1 sowie RTI/O1 und M1 jeweils eine Kennung zugeordnet, die die jeweilige Zusammengehörigkeit im gesamten Pfadverlauf darstellt. Gleiches gilt für die Pfade ECU2, RTI/O2, M2 oder optional ECU2, RTI/O2, M3 sowie ECU2, RTI/O3, M4 und ECU3, RTI/O3, M4 oder ECU3, RTI/O4, M4. Im Pfad ECU3, RTI/O4, M5 ist dann eine angesprochene Signalunterbrechung dargestellt, wo mittels Block 501 ein Signal zu M5 eingekoppelt wird. Dies kann, wie schon angesprochen, ein Signal des Generators 305 sein oder ein Konstantwert oder ein 1:1-Durchreichen. Dieser Eingriff und diese Unterbrechung kann auch bei Eingriffspunkt 502 erfolgen. Entweder durch Zuordnung eindeutiger Kennungen entsprechend des jeweiligen Signalpfades oder durch eine entsprechende Pfadtabelle zur Nachvollziehung des einzelnen Pfades kann dann eine Eingriffsmöglichkeit und Visualisierungsmöglichkeit im Signalfluss erzeugt werden. Durch diese Eingriffsmöglichkeiten entsprechend der Eingriffspunkte können nun auch im jeweiligen Experiment Pfade angepasst, Pfade geändert werden, indem Kennungen veränderbar gemacht werden, so dass die Signale im Experiment verschiedenen Signalverläufen zugeordnet werden können. Entsprechend dieser Ausführung können also nun die Signalverläufe entsprechend Figur 2 visualisiert werden und für den Benutzer entflochten werden.

Neben dem erfindungsgemäßen System und dem erfindungsgemäßen Verfahren zum Testen von Steuervorgängen bei einem Fahrzeug kann die Erfindung auch in einem Computerprogramm mit Programmcode ausgeführt sein, die es ermöglicht, alle erfindungsgemäßen Schritte durchzuführen, wenn das Programm auf einem Computer ausgeführt wird. Insbesondere die Kennungsanpassung, die Kennungsveränderung und überhaupt die Schaffung der Eingriffsmöglichkeit kann vorteilhafter Weise durch ein Computerprogramm mit Programmcode realisiert sein.

Abgeleitet davon kann dieses Computerprogramm natürlich auch auf einem Computerprogrammprodukt mit Programmcode, der auf einem maschinenlesbaren Träger gespeichert ist und zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens dient, wenn das

5 Programm auf einem Computer ausgeführt wird, realisiert sein. Solche maschinenlesbaren Träger sind beispielsweise Speicherbausteine wie EPROM, Flash-EPROM, ROM, ROM, EEPROM usw., aber auch CD-ROM, DVD, Diskette und ähnliche maschinenlesbare Träger, wie auch die Möglichkeit des Einlesens des

10 Programms via Texterkennung in ein Computersystem. So kann die Erfindung als Softwareprodukt eingesetzt werden. Damit ist die Möglichkeit gegeben, innerhalb eines Testsystems, das zur Validierung von Entwicklungen im Bereich der Automobilelektronik benutzt wird, die Signalverläufe bzw. den Signalverlust durch das

15 Testsystem und über das zur Validierung anstehende Objekt zu visualisieren und die während eines Tests erfassten Werte dieser Signale anzuzeigen und bestimmte Eingriffsmöglichkeiten in den Signalverlauf zu ermöglichen.

5

## 10 Ansprüche

1. System zum Testen von Steuervorgängen bei einem Fahrzeug, mit einem auf die zu  
testenden Steuervorgänge reagierenden Simulationsmodell, wobei dem Simulationsmodell  
15 eine Experimentsoftware übergeordnet ist und zwischen der Experimentsoftware und einer  
die Steuervorgänge auslösenden Komponente ein Signalverlauf gebildet wird, wobei der  
Signalverlauf durch wenigstens zwei Eingriffspunkte in wenigstens zwei Signale unterteilt  
wird und wenigstens eine Kennung vorgesehen ist, welche die Zuordnung der Signale zu dem  
Signalverlauf ermöglicht.
- 20 2. System nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Eingriffspunkte mit  
Kennungen versehen werden.
3. System nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die durch die  
25 Eingriffspunkte entstehenden Signale mit Kennungen versehen werden.
4. System nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die entstehenden Signale  
unterschiedlichen Signalgruppen zugeordnet werden
- 30 5. System nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass die die Signale  
enthaltenden unterschiedlichen Signalgruppen optisch dargestellt werden.

6: System nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Kennungen veränderbar sind und so die Signale verschiedenen Signalverläufen zugeordnet werden können.

5 7. System nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass an wenigstens einem Eingriffspunkt ein ein Signal ersetzendes Signal in den Signalverlauf eingegeben werden kann.

10 8. Verfahren zum Testen von Steuervorgängen bei einem Fahrzeug, mit einem auf die zu testenden Steuervorgänge reagierenden Simulationsmodell, wobei dem Simulationsmodell eine Experimentsoftware übergeordnet ist und zwischen der Experimentsoftware und einer die Steuervorgänge auslösenden Komponente ein Signalverlauf gebildet wird, wobei der Signalverlauf durch die Verwendung wenigstens zweier Eingriffspunkte in wenigstens zwei Signale unterteilt wird und wenigstens eine Kennung verwendet wird, welche die Zuordnung der Signale zu dem Signalverlauf ermöglicht.

15 9. Computerprogramm mit Programmcode zur Durchführung aller Schritte nach Anspruch 8, wenn das Programm auf einem Computer ausgeführt wird.

20 10. Computerprogrammprodukt mit Programmcode, der auf einem maschinenlesbaren Träger gespeichert ist zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 8, wenn das Programm auf einem Computer ausgeführt wird.

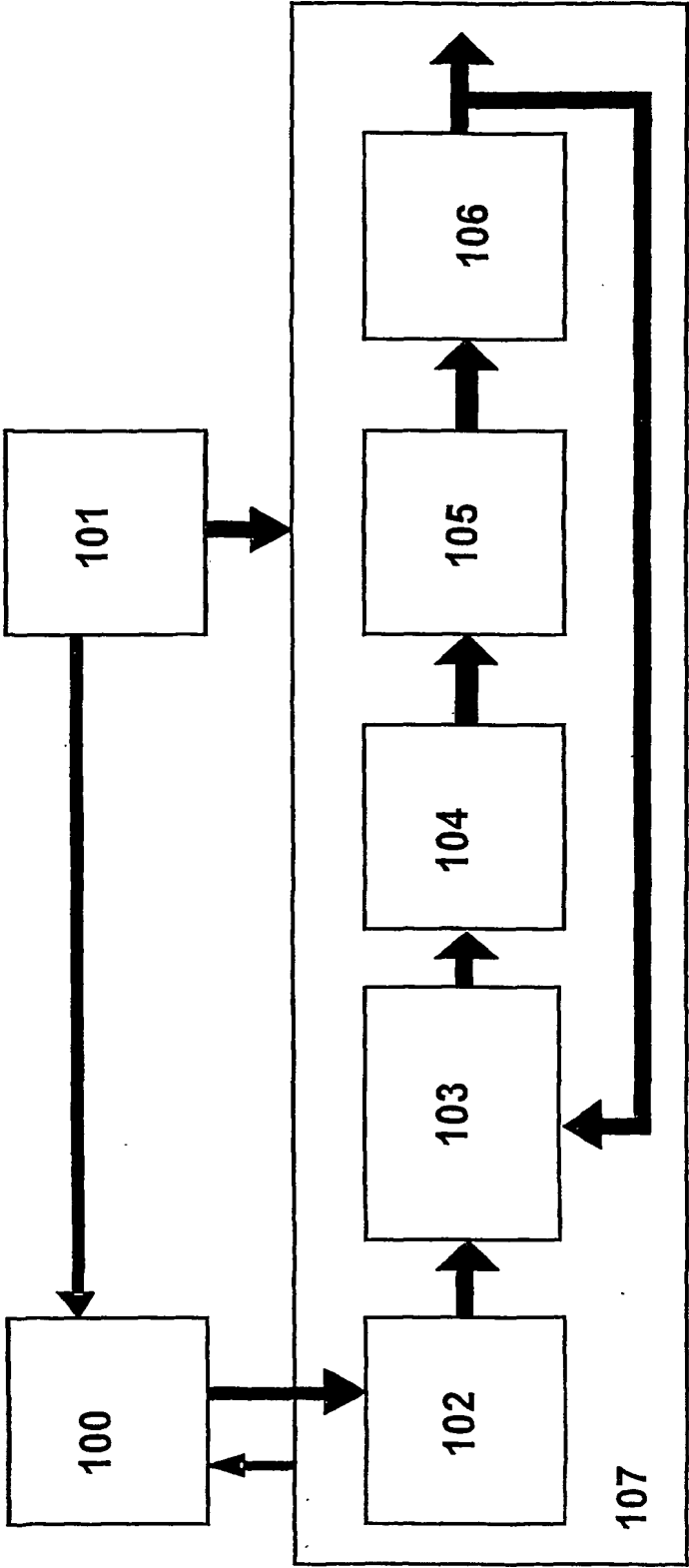
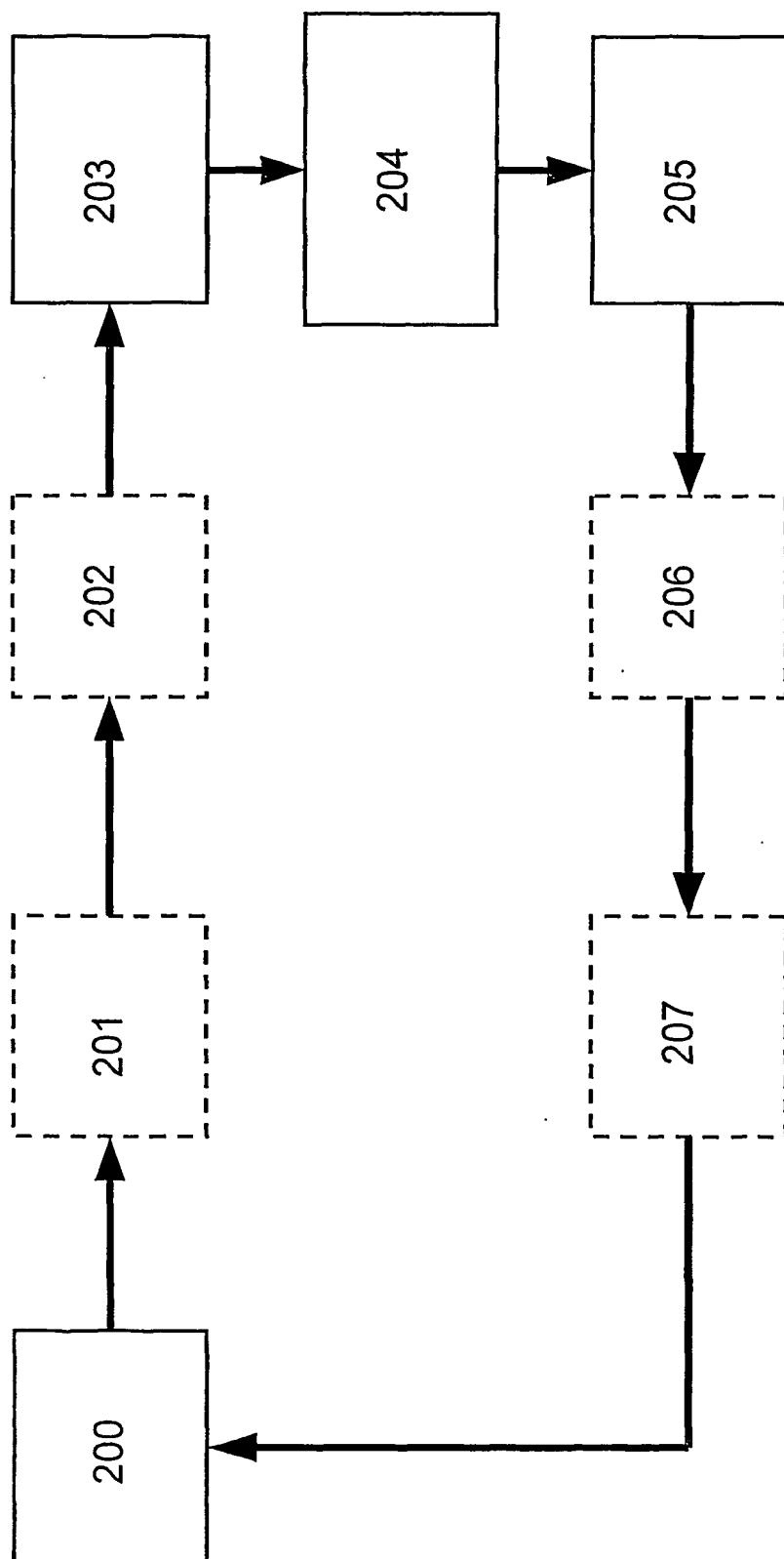


Fig. 1



**Fig. 2**

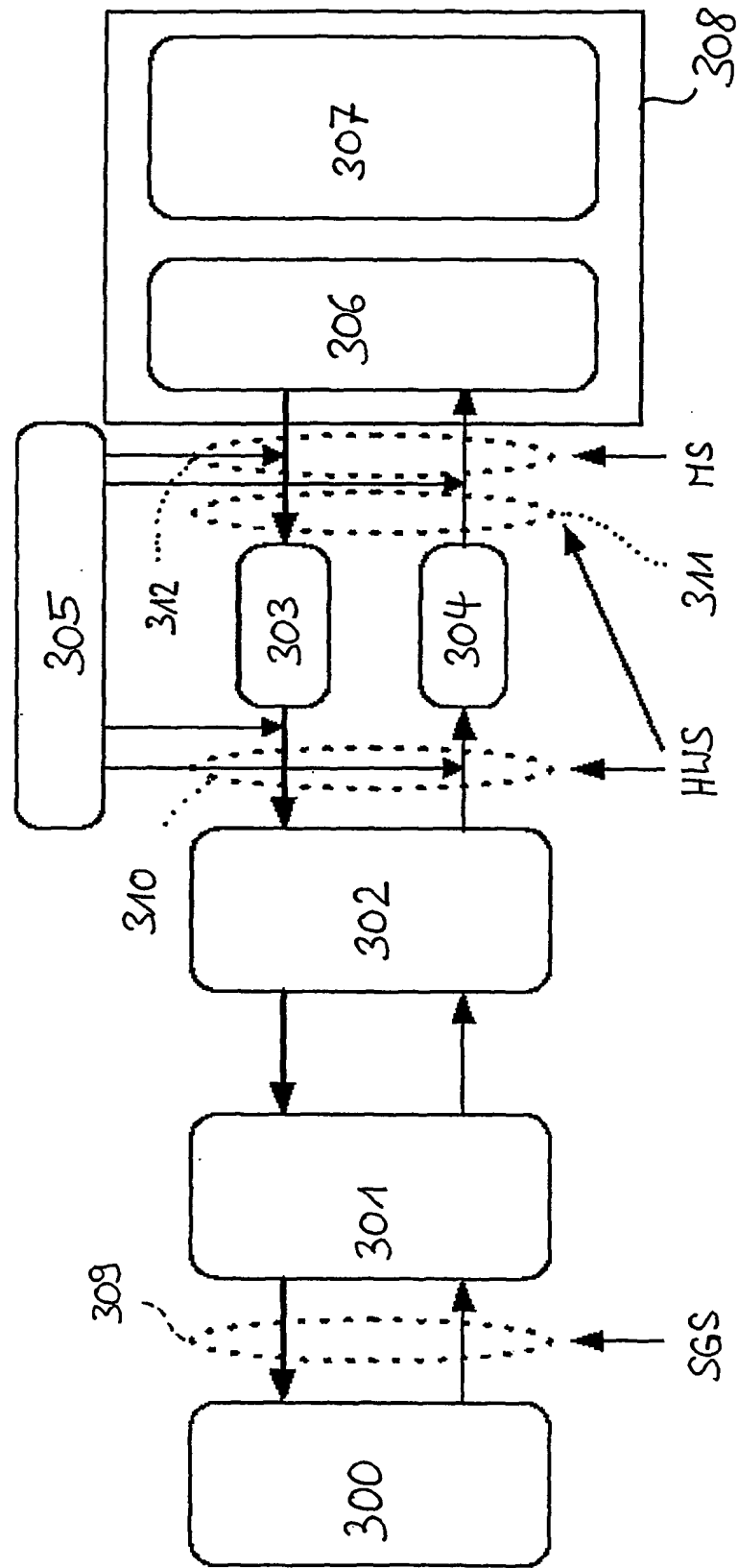


Fig. 3

SGS	HWS	MS
ECU1	RTIO1	M1
ECU2	RTIO2	M2
ECU3	RTIO3	M3
	RTIO4	M4
		M5

Fig. 4

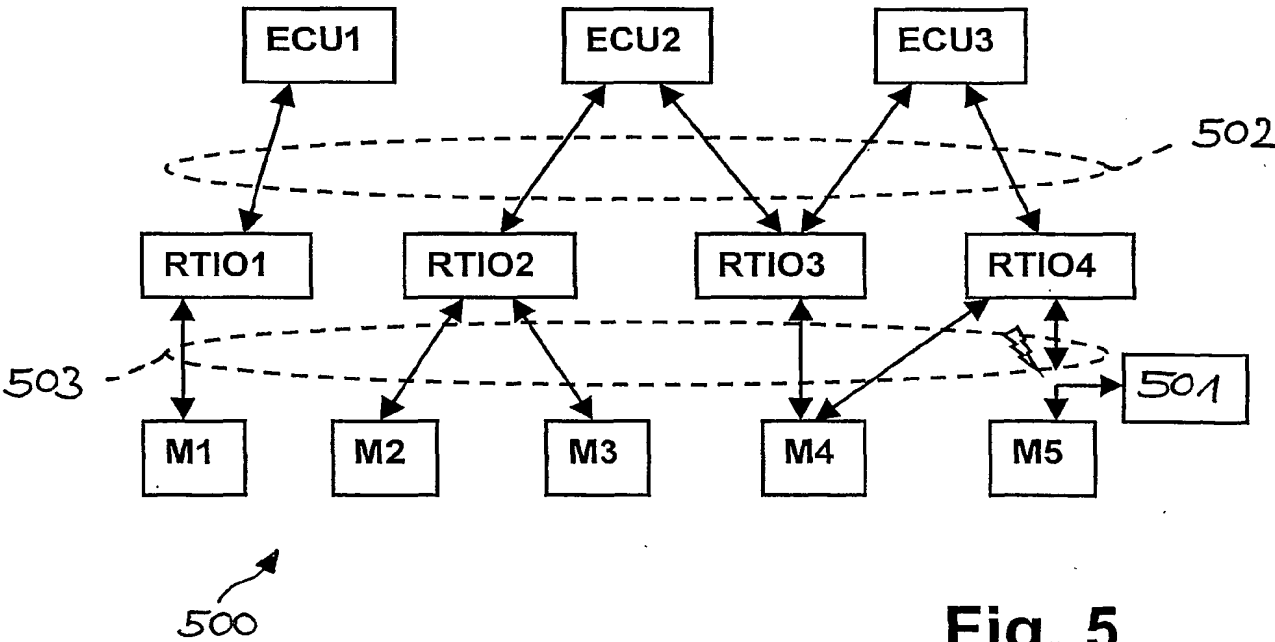


Fig. 5

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No.

PCT/DE2004/001955

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 7 G01R31/00

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 G01R

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, PAJ, WPI Data, INSPEC, COMPENDEX

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	<p>ALYOKHIN VADIM: "Modellbasierte Implementierung eingebetteter SW-Systeme-ASCET-SD"</p> <p>INTERNET ARTICLE, 'Online!</p> <p>April 2003 (2003-04), pages 1-19, XP002315770</p> <p>TECHNISCHE UNIVERSITÄT MÜNCHEN, FAKULTÄT FÜR INFORMATIK MÜNCHEN</p> <p>Retrieved from the Internet:</p> <p>URL: <a href="http://www4.in.tum.de/{romberg/lehre/03seminar/ausarbeitungen/alyokhin.pdf}">http://www4.in.tum.de/{romberg/lehre/03seminar/ausarbeitungen/alyokhin.pdf}</a></p> <p>'retrieved on 2005-01-14!</p> <p>Sommersemester 2003</p> <p>page 1 - page 18</p> <p style="text-align: center;">-----</p> <p style="text-align: center;">-/--</p>	1-10



Further documents are listed in the continuation of box C.



Patent family members are listed in annex.

### \* Special categories of cited documents :

- \*A\* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- \*E\* earlier document but published on or after the international filing date
- \*L\* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- \*O\* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- \*P\* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- \*T\* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- \*X\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- \*Y\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- \*G\* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

9 February 2005

Date of mailing of the international search report

21/02/2005

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Ko11, H

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/DE2004/001955

## C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 2003/132964 A1 (SANTORI MICHAEL L ET AL) 17 July 2003 (2003-07-17) abstract; figures 2A,2B,11,14 paragraph '0020! - paragraph '0030! -----	1-10
X	GEYER HARTMUT: "Diplomarbeit: Durchgängiger modellbasierter Entwurf von eingebetteten Systemen am Beispiel einer Antischlupfregelung" INTERNET ARTICLE, 'Online! 2002, XP002315771 TECHNISCHE UNIVERSITÄT ILMENAU, FAKULTÄT FÜR INFORMATIK UND AUTOMATISIERUNG, INSTITUT FÜR THEORETISCHE UND TECHNISCHE INFORMATIK, FACHGEBIET RECHNERARCHITKTUREN, ILMENAU Retrieved from the Internet: URL:http://www.imms.de/db/publikationen/20 02_DiplomArbeit_hartmut.pdf> 'retrieved on 2005-01-14! the whole document -----	1,8-10
X	REBESCHIESS S: "MIRCOS - microcontroller-based real time control system toolbox for use with Matlab/Simulink" COMPUTER AIDED CONTROL SYSTEM DESIGN, 1999. PROCEEDINGS OF THE 1999 IEEE INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON KOHALA COAST, HI, USA 22-27 AUG. 1999, PISCATAWAY, NJ, USA, IEEE, US, 22 August 1999 (1999-08-22), pages 267-272, XP010360471 ISBN: 0-7803-5500-8 abstract; figure 8 -----	1,8-10
A	OERTEL K: "Code per Klick - Von der Idee zum fertigen Produkt mit ASCET-SD 3.0" ELEKTRONIK INDUSTRIE, XX, XX, April 1999 (1999-04), pages 95-96, XP002262103 GERMANY the whole document -----	1-10

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/DE2004/001955

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 2003132964	A1	17-07-2003	NONE

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE2004/001955

## A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES

IPK 7 G01R31/00

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

## B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

IPK 7 G01R

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, PAJ, WPI Data, INSPEC, COMPENDEX

## C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	<p>ALYOKHIN VADIM: "Modellbasierte Implementierung eingebetteter SW-Systeme-ASCET-SD"</p> <p>INTERNET ARTICLE, 'Online!</p> <p>April 2003 (2003-04), Seiten 1-19, XP002315770</p> <p>TECHNISCHE UNIVERSITÄT MÜNCHEN, FAKULTÄT FÜR INFORMATIK MÜNCHEN</p> <p>Gefunden im Internet:</p> <p>URL: <a href="http://www4.in.tum.de/{romberg/lehre/03seminar/ausarbeitungen/alyokhin.pdf}">http://www4.in.tum.de/{romberg/lehre/03seminar/ausarbeitungen/alyokhin.pdf}</a></p> <p>'gefunden am 2005-01-14!</p> <p>Sommersemester 2003</p> <p>Seite 1 - Seite 18</p> <p>-----</p> <p>-/--</p>	1-10

☒ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

☒ Siehe Anhang Patentfamilie

\* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

\*A\* Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

\*E\* älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

\*L\* Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

\*O\* Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

\*P\* Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

\*T\* Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

\*X\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

\*Y\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann nahellegend ist

\*Z\* Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

9. Februar 2005

Absenddatum des internationalen Recherchenberichts

21/02/2005

Name und Postanschrift der internationalen Recherchenbehörde

Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Koll, H

## C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 2003/132964 A1 (SANTORI MICHAEL L ET AL) 17. Juli 2003 (2003-07-17) Zusammenfassung; Abbildungen 2A, 2B, 11, 14 Absatz '0020! - Absatz '0030! -----	1-10
X	GEYER HARTMUT: "Diplomarbeit: Durchgängiger modellbasierter Entwurf von eingebetteten Systemen am Beispiel einer Antischlupfregelung" INTERNET ARTICLE, 'Online! 2002, XP002315771 TECHNISCHE UNIVERSITÄT ILMENAU, FAKULTÄT FÜR INFORMATIK UND AUTOMATISIERUNG, INSTITUT FÜR THEORETISCHE UND TECHNISCHE INFORMATIK, FACHGEBIET RECHNERARCHITKTUREN, ILMENAU Gefunden im Internet: URL: <a href="http://www.imms.de/db/publikationen/2002_DiplomArbeit_hartmut.pdf">http://www.imms.de/db/publikationen/2002_DiplomArbeit_hartmut.pdf</a> 'gefunden am 2005-01-14! das ganze Dokument -----	1,8-10
X	REBESCHIESS S: "MIRCOS - microcontroller-based real time control system toolbox for use with Matlab/Simulink" COMPUTER AIDED CONTROL SYSTEM DESIGN, 1999. PROCEEDINGS OF THE 1999 IEEE INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON KOHALA COAST, HI, USA 22-27 AUG. 1999, PISCATAWAY, NJ, USA, IEEE, US, 22. August 1999 (1999-08-22), Seiten 267-272, XP010360471 ISBN: 0-7803-5500-8 Zusammenfassung; Abbildung 8 -----	1,8-10
A	OERTEL K: "Code per Klick - Von der Idee zum fertigen Produkt mit ASCET-SD 3.0" ELEKTRONIK INDUSTRIE, XX, XX, April 1999 (1999-04), Seiten 95-96, XP002262103 GERMANY das ganze Dokument -----	1-10



**INTERNATIONAL RECHERCHENBERICHT**

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

**PCT/DE2004/001955**

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 2003132964 A1	17-07-2003	KEINE	

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☒ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**